

PUSAT DATA PRIVAT VIRTUAL PEMERINTAH BERBASIS KOMPUTASI AWAN (STUDI EMPIRIS PADA LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA)

GOVERNMENT VIRTUAL PRIVATE DATA CENTER BASED ON CLOUD COMPUTING (EMPIRICAL STUDY ON INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES - LIPI)

Wahyu Setyo Prabowo¹, Muhammad Hanif Muslim², Syam Budi Iryanto³

¹Universitas Gadjah Mada, Fakultas Teknik,
Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi *Chief Information Officer* (CIO)
Jl. Grafika No.2 Kampus UGM, Yogyakarta

²Biro Umum Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Gatot Subroto No. 10, Jakarta

³Pusat Penelitian Biomaterial Lembaga Ilmu Pengetahuan
Indonesia Cibinong Science Center LIPI Jl. Raya Bogor KM 46,
Cibinong wahyu.cio14@mail.ugm.ac.id, wahy025@lipi.go.id

Naskah diterima, 12 Oktober 2015, diedit 21 Oktober 2015, disetujui 29 Oktober 2015

Abstract

Advantages of Cloud Computing (CC) is a new technology that has the characteristics of on-demand self-service, broad network access, resource pooling, rapid elasticity, and measured service, which promises efficiency and operational effectiveness of Information and Communication Technology (ICT) in the organization. CC Problems in supporting the performance of Government Institutions still have not been of particular concern. This article presents the results of CC-based data center migration (Virtual Private Data Center) is applied to the Indonesian Institute of Sciences (LIPI). The application of the model is expected to be a reference to other government agencies that have the characteristics and allied with LIPI and other government agencies in implementing ICT management to get more benefit from the CC so that the effectiveness and efficiency of ICT management can be achieved.

Keywords: *cloud computing; virtual private data center; government agencies; LIPI*

Abstrak

Keuntungan *Cloud Computing* (CC) merupakan teknologi baru yang mempunyai karakteristik *on-demand self service, broad network access, resource pooling, rapid elasticity*, dan *measured service*, yang menjanjikan efisiensi dan efektivitas operasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) pada organisasi. Permasalahan pada CC dalam mendukung kinerja Lembaga Pemerintahan masih menjadi belum perhatian khusus. Artikel ini memaparkan hasil migrasi data center berbasis CC (*Virtual Private Data Center*) yang diterapkan pada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Model penerapan ini diharapkan bisa menjadi acuan untuk instansi pemerintah lain yang memiliki karakteristik dan serumpun dengan LIPI maupun instansi pemerintah lain dalam melaksanakan pengelolaan TIK untuk bisa lebih banyak mendapatkan manfaat dari CC sehingga efektivitas dan efisiensi pengelolaan TIK dapat tercapai.

Kata-kata kunci: *cloud computing; virtual private data center; instansi pemerintahan; LIPI*

PENDAHULUAN

E-government merupakan upaya pemerintah untuk merubah proses kerja yang bisa memotong fungsi antar organisasi (*processes cut across organizational function*). Terbentuknya pemerintahan yang bersih, transparan, dan mampu menjawab tuntutan perubahan secara efektif merupakan salah satu tujuan *e-government* (Setneg, 2003). Hal tersebut akan bisa dicapai apabila pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dapat dilaksanakan secara optimal. Survei yang dilaksanakan oleh Waseda terkait *e-government ranking* pada tahun 2014 menyatakan bahwa *cloud computing* merupakan salah satu tren baru dalam mengembangkan *e-government* (Obi, 2014), dan pada tahun 2015 Waseda menjadikan *cloud computing* sebagai salah satu sub-indikator *Network Preparedness/Digital Infrastructure Indicator* (Obi, 2015), *cloud computing* menjadi salah satu kunci pada faktor *network preparedness*. Hal ini karena pemerintah dituntut untuk melakukan inovasi dalam melakukan pelayanan yang terbaik tetapi kontrol anggaran yang ketat. *Cloud computing* dipandang sebagai suatu model yang menggunakan internet sebagai saluran utama dalam melaksanakan pelayanan, selain itu baik secara nilai ekonomi dan lingkungan *cloud computing* merupakan solusi *green computing* (Zhang & Chen, 2010). *Asia Cloud Computing Association* (ACCA) telah melakukan survei terkait *Cloud Readiness Index* (CRI), pada tahun 2014 menempatkan Indonesia pada posisi ke 12 turun satu peringkat dibandingkan pada tahun 2012 (May-Ann et al., 2014). Terdapat 10 indikator dalam melakukan survei indeks kesiapan *cloud* (Gambar 1), Indonesia masih memiliki nilai yang minim diantaranya *International Connectivity*, *Broadband Quality*, *Government Regulatory Env and Usage*, *Power Grid and Green Policy*, *IP Protection*, *Business Sophistication*, *Data Centre Risk*, *Freedom of Information*, *CRI 2014 SCORE*, *RANK*, dan *CHANGE*.

Country & ccTLD	1. Privacy	2. International Connectivity	3. Data Sovereignty	4. Broadband Quality	5. Government Regulatory Env and Usage	6. Power Grid and Green Policy	7. IP Protection	8. Business Sophistication	9. Data Centre Risk	10. Freedom of Information	CRI 2014 SCORE	RANK	CHANGE
Japan JP	9.5	5.5	8.0	9.1	5.0	7.1	8.1	8.2	6.6	9.7	76.8	1	-
New Zealand NZ	8.8	4.6	7.9	7.6	5.6	9.2	8.6	6.8	7.8	9.5	76.3	2	+4
Australia AU	8.8	4.4	7.6	8.0	5.3	7.8	7.6	6.7	9.4	9.6	75.1	3	+4
Singapore SG	6.0	8.2	7.8	8.8	6.1	5.9	8.7	7.3	7.4	8.6	74.8	4	-
Hong Kong HK	6.8	7.7	7.6	9.3	5.1	5.6	8.1	7.5	7.4	9.6	74.7	5	-2
South Korea KR	9.7	5.5	7.2	9.4	5.1	6.6	5.7	6.9	8.6	8.6	73.3	6	-4
Taiwan TW	4.6	6.3	6.8	8.5	5.0	6.7	7.4	7.4	6.9	8.6	68.2	7	-2
Malaysia MY	5.8	5.8	6.7	7.1	5.2	4.9	6.9	7.2	8.5	8.2	66.2	8	-
Thailand TH	4.0	5.0	6.2	8.0	3.7	6.3	4.4	6.3	7.6	7.8	59.3	9	+4
Philippines PH	5.8	5.4	5.9	4.1	3.7	5.5	5.1	6.1	5.5	9.0	56.1	10	+2
China CN	5.9	3.0	4.8	5.9	4.3	4.3	5.6	6.2	6.5	7.0	53.3	11	-1
Indonesia ID	4.4	2.9	6.2	3.1	3.9	5.7	5.6	6.3	6.4	7.9	52.4	12	-1
India IN	4.6	2.3	6.5	3.6	4.1	5.0	5.3	6.3	3.4	7.8	48.8	13	-4
Vietnam VN	3.6	3.2	5.6	4.2	3.8	4.7	4.1	5.3	6.4	7.0	47.8	14	-1

Gambar 1. Rangking Indeks Kesiapan Cloud (May-Ann et al., 2014)

Infrastruktur jaringan yang memadai dapat mendorong dan mengubah perspektif pemerintahan terhadap *cloud computing* sebagai solusi terbaru yang dapat mereduksi biaya investasi pada TIK (Mutavdzic, 2010; Nycz & Polkowski, 2015; Smitha, Thomas, & Chitharanjan, 2012), hal ini terkait karakteristik cloud computing antara lain: *on-demand service*, *broad network access*, *resource pooling*, *rapid elasticity*, dan *measured service* (Mell & Grance, 2011), sehingga dengan *cloud computing*, pemerintahan dapat mengoptimalkan keuntungan terkait *cloud computing* untuk memaksimalkan penggunaan sumber daya, fleksibilitas, dan tingkat responsif yang tinggi dari TIK, serta tentu saja meminimalkan biaya investasi (Kundra, 2011). Perubahan paradigma dari *e-government* yang masih tradisional menjadi *cloud-government* merupakan pendorong bagi pemerintahan untuk segera melakukan adopsi teknologi *cloud computing* (Zhang & Chen, 2010).

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sebagai salah Lembaga Pemerintah Non Kementerian (LPNK) yang mempunyai tanggung jawab terhadap kegiatan penelitian dan ilmu pengetahuan di Indonesia dengan aktifitas penelitian yang dilaksanakan yang bersifat multi dimensi, multi disiplin ilmu, dan terdiri dari 50 satuan kerja yang tersebar di seluruh Indonesia (LIPI, 2014), sangat membutuhkan operasional TIK yang terpadu dan dengan biaya yang cukup besar. Hal ini merupakan tantangan bagi pengelola TIK LIPI untuk memberikan layanan yang lebih handal dan fleksibel kepada seluruh civitas LIPI.

LIPI pada Tahun 2013 menempati urutan kedua pada Peningkatan *e-government* Indonesia (PeGI) tingkat LPNK yang diadakan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo), tetapi pada tahun 2014 turun menjadi peringkat kelima. Dimensi penilaian PeGI meliputi lima hal yaitu kebijakan, kelembagaan, infrastruktur, aplikasi, dan perencanaan. Pengelolaan TIK di LIPI semenjak tahun 2012 dilaksanakan secara penuh oleh Biro Umum (BU) LIPI khususnya Subbagian Pengelolaan dan Pemeliharaan Jaringan Teknologi Informasi. Sebelumnya dikelola oleh Pusat Pengkajian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PAPIPTEK) LIPI. Operasional pengelolaan TIK dilaksanakan oleh Tim Gabungan Jaringan (TGJ) yang merupakan organisasi matrik terdiri dari pengelola pusat dan pengelola kampus yang tersebar. TGJ bertanggung jawab mengelola *data center* LIPI yang merupakan pusat layanan jaringan TI di LIPI dan koneksi sampai ke *switch* utama di satker, sedangkan jaringan internal satker adalah tanggung jawab pengelola satuan kerja.

Pada bulan September 2014 terjadi kebakaran pada *data center* LIPI yang mengakibatkan kerusakan perangkat server dan jaringan di *data center*. Berkaca dari kejadian tersebut, muncul gagasan untuk membuat *data center* virtual berbasis *cloud computing*. Gagasan ini dipilih dengan berbagai alasan, diantaranya: terbebas dari perawatan *data center* yang cukup mahal karena hal ini dilakukan oleh penyedia jasa, mendapat jaminan satuan

sumber daya listrik yang memadai karena penyedia jasa menjamin ketersediaan sumber daya listrik. Artikel ini memaparkan penerapan *cloud computing* pada instansi pemerintah khususnya LIPI dalam hal penggunaan *data center* secara virtual dengan mengkombinasikan model implementasi *private cloud* dan model layanan *Infrastructure as a Service* (IaaS) yang memiliki tingkat risiko minimal dan tingkat keamanan yang tinggi (Liang, 2012; Chan et al., 2012), dengan rencana *disaster recovery center* yang dikelola secara internal, untuk memperoleh tingkat kehandalan layanan yang tinggi.

Tinjauan Pustaka

Cloud Computing

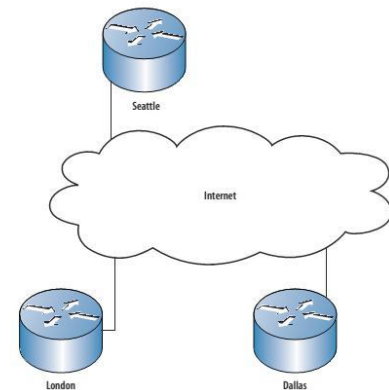
Cloud computing setiap hari terus bertumbuh, dengan solusi dan layanan yang inovatif yang dapat diciptakan. Mulai dari pengguna personal maupun organisasi kecil dapat menggunakan layanan yang berkelas-dunia dan fleksibel dengan biaya yang terjangkau (Ardagna, 2015). Definisi terkait *cloud computing* sudah banyak dikemukakan baik oleh vendor, Profesional TI, Jurnalis, dan lain-lain. Namun demikian salah satu rujukan dari *National Institute of Standards and Technology* (NIST) mendefinisikan *Cloud Computing* sebagai sebuah model yang memungkinkan untuk *ubiquitous* (dimanapun dan kapanpun), nyaman, *On demand* akses jaringan ke sumber daya komputasi (contoh: jaringan, *server*, *storage*, aplikasi, dan layanan) yang dapat dengan cepat dirilis atau ditambahkan (Mell & Grance, 2011). *Cloud Computing* sebagai suatu layanan teknologi informasi yang dapat dimanfaatkan oleh pengguna dengan berbasis jaringan/internet (Hausman, Cook, & Sampaio, 2013), sumber daya berupa perangkat lunak, informasi, dan aplikasi disediakan untuk digunakan oleh komputer lain yang membutuhkan. *Cloud computing* mempunyai dua kata "*Cloud*" dan "*Computing*". *Cloud* yang berarti internet itu sendiri dan *Computing* adalah proses komputasi. Konsep *cloud computing* biasanya dianggap sebagai internet karena internet sendiri digambarkan sebagai awan (*Cloud*) besar (dalam skema jaringan, internet dilambangkan sebagai awan) yang berisi sekumpulan komputer yang saling terhubung (Gambar 2). *Cloud computing* sebagai salah satu evolusi yang mengusung aplikasi lebih dinamis serta konvergensi teknologi yang didalamnya terdapat perubahan besar dan memiliki implikasi pada hampir setiap aspek komputasi. Bagi pengguna, *cloud computing* menyediakan sarana untuk meningkatkan layanan baru atau mengalokasikan sumber daya komputasi lebih cepat berdasarkan kebutuhan.

Karakteristik Cloud Computing

Secara umum definisi terkait *cloud computing* telah dijelaskan oleh NIST berikut lima karakteristik *cloud computing*:

1. *On-demand Self Service*, penyediaan komputasi sesuai kebutuhan, tanpa interaksi dengan orang (teknisi) dan hal ini dapat dilakukan langsung oleh pengguna.

2. *Broad Network Access*, kapabilitas layanan yang dapat diakses melalui berbagai macam media maupun platform yang berbeda-beda.
3. *Resource Pooling*, menggunakan model *multi-tenant*, penyedia jasa layanan dapat dengan mudah menyesuaikan sumber daya sesuai kebutuhan pengguna, tetapi dengan tetap memperhatikan pemisahan terhadap *virtual machine* masing-masing pengguna. Sumber daya di sini meliputi penyimpanan, pemrosesan, memori, dan *bandwidth* jaringan.
4. *Rapid Elasticity*, sumber daya yang dibutuhkan secara elastis dapat disesuaikan secara langsung dengan kebutuhan pengguna, tidak terbatas kuantitas dan waktu.
5. *Measured Service*, kemampuan pengukuran yang disediakan oleh sistem *cloud* terhadap penggunaan sumber daya yang terpakai dapat dilaksanakan secara transparan untuk kebutuhan baik pengguna maupun penyedia layanan.



Gambar 2. Internet yang Identik dengan Cloud
(Hausman et al., 2013)

Model Layanan Cloud Computing

Layanan pada *cloud computing* sesuai dengan model layanan yang biasa digunakan dengan "*as a Service* (aaS)". Secara umum tiga model layanan dijelaskan oleh NIST (Mell & Grance, 2011) yang ditawarkan oleh *cloud computing*, berdasarkan kemampuan yang disediakan: *Software as a Service* (SaaS), *Platform as a Service* (PaaS), dan *Infrastructure as a Service* (IaaS). Perkembangan selanjutnya terdapat model layanan yang lain: *Backup as a Service* (BaaS), *Database as a Service* (DaaS), bahkan *Everything as a Service* (EaaS) sesuai dengan kebutuhan pengguna (Hausman et al., 2013). Definisi model layanan menurut NIST antara lain:

Software as a Service (SaaS). Kemampuan yang diberikan kepada konsumen untuk menggunakan aplikasi penyedia dapat beroperasi pada infrastruktur awan. Aplikasi dapat diakses dari berbagai perangkat klien melalui antarmuka seperti *web browser* (misalnya, *email berbasis web*). Konsumen tidak mengelola atau mengendalikan infrastruktur awan yang mendasari

termasuk jaringan, *server*, sistem operasi, penyimpanan, atau bahkan kemampuan aplikasi individu, dengan kemungkinan pengecualian terbatas terhadap pengaturan konfigurasi aplikasi pengguna tertentu. *Platform as a Service* (PaaS). Kemampuan yang diberikan kepada konsumen untuk menyebarkan aplikasi yang dibuat konsumen atau diperoleh ke infrastruktur komputasi awan menggunakan bahasa pemrograman dan peralatan yang didukung oleh penyedia. Konsumen tidak mengelola atau mengendalikan infrastruktur awan yang mendasari termasuk jaringan, *server*, sistem operasi, atau penyimpanan, namun memiliki kontrol atas aplikasi disebarkan dan memungkinkan aplikasi melakukan *hosting* konfigurasi.

Infrastructure as a Service (IaaS). Kemampuan yang diberikan kepada konsumen untuk memproses, menyimpan, berjejaring, dan komputasi sumber daya lain yang penting, dimana konsumen dapat menyebarkan dan menjalankan perangkat lunak secara bebas, dapat mencakup sistem operasi dan aplikasi. Konsumen tidak mengelola atau mengendalikan infrastruktur awan yang mendasari tetapi memiliki kontrol atas sistem operasi, penyimpanan, aplikasi yang disebarkan, dan mungkin kontrol terbatas komponen jaringan yang pilih (misalnya, *firewall host*).

Model Implementasi Cloud Computing

Model implementasi mewakili lingkungan *cloud* tertentu, biasanya dibedakan terhadap kepemilikan, ukuran, dan metode akses (Erl, Mahmood, & Puttini, 2014).

NIST mendefinisikan terdapat empat model implementasi dari *cloud computing* (Mell & Grance, 2011), yaitu:

Public Cloud, adalah layanan *Cloud Computing* yang disediakan secara terbuka untuk umum maupun perusahaan-perusahaan besar yang menyediakan layanan. Sumber daya komputasi pada model ini digunakan secara bersama-sama (*multi-tenancy*). Keuntungan dari *Public Cloud* pengguna tidak perlu berinvestasi untuk merawat serta membangun *infrastruktur*, *platform*, ataupun aplikasi. Pengguna tinggal memakai secara gratis (untuk layanan yang gratis) atau membayar sebanyak pemakaian (*pay as you go*) (Budiyanto, 2012). Dengan pendekatan ini, kita bisa mengurangi dan merubah biaya *CaPex* (*Capital Expenditure*) menjadi *OpEx* (*Operational Expenditure*). Sedangkan kerugiannya sangat tergantung dengan kualitas layanan internet (koneksi) yang digunakan.

Private Cloud, adalah layanan *cloud computing* yang disediakan untuk memenuhi kebutuhan dari organisasi/perusahaan tertentu secara khusus/eksklusif. Pada kasus ini umumnya bagian TI akan berperan sebagai *service provider* (penyedia layanan) dan bagian atau divisi lain menjadi *service consumer*. Tanggung jawab agar layanan dapat berjalan dengan baik sesuai dengan standar kualitas layanan adalah oleh bagian TI sebagai *service provider*. Contoh layanan *Private Cloud*:

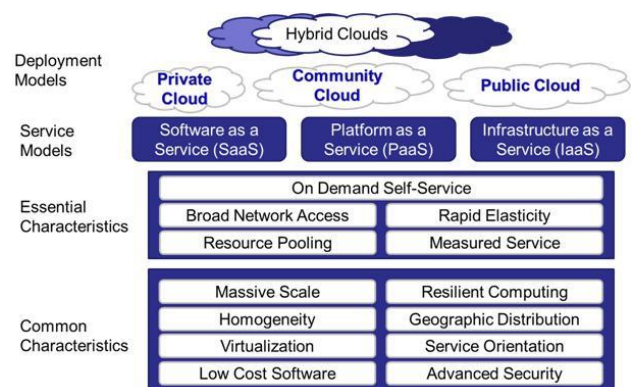
- SaaS: *Web Application*, *Mail Server*, *Database Server* untuk keperluan internal.
- PaaS: Sistem Operasi, *Web Server*, *Framework* serta *Database* untuk internal

- IaaS: *Virtual machine* yang bisa di-request sesuai dengan kebutuhan internal

Keuntungan dari *Private Cloud* adalah menghemat *bandwidth* internet ketika layanan itu hanya diakses dari jaringan internal. Proses bisnis tidak tergantung dengan koneksi internet, akan tetapi tetap saja tergantung dengan koneksi jaringan lokal (*intranet*). Sedangkan kerugiannya adalah investasi besar, karena perusahaan yang harus menyiapkan infrastrukturnya serta membutuhkan tenaga kerja untuk merawat dan menjamin layanan berjalan dengan baik (Budiyanto, 2012).

Hybrid Cloud, adalah gabungan dari layanan dua infrastruktur layanan *cloud* yang berbeda (*Public*, *Private*, atau *community*) yang diimplementasikan oleh suatu organisasi/perusahaan. *Hybrid Cloud* bisa dipilih proses bisnis mana yang bisa dipindahkan ke *Public Cloud* dan proses bisnis mana yang harus tetap berjalan di *Private Cloud* (Budiyanto, 2012). Keuntungan dari *Hybrid Cloud* adalah keamanan data terjamin karena data dapat dikelola sendiri dan lebih leluasa untuk memilih mana proses bisnis yang harus tetap berjalan di *private cloud* dan mana proses bisnis yang bisa dipindahkan ke *public cloud* dengan tetap menjamin integrasi dari keduanya. Sedangkan kerugiannya untuk aplikasi yang membutuhkan integrasi antara *public cloud* dan *private cloud*, investasi dan pengelolaan infrastruktur *cloud* harus dipikirkan secara matang.

Community Cloud, adalah layanan *Cloud Computing* yang dibangun eksklusif untuk komunitas tertentu, pelanggannya berasal dari organisasi yang mempunyai perhatian yang sama atas sesuatu/beberapa hal, misal standar keamanan, aturan, *compliance*. *Community Cloud* ini bisa dimiliki, dipelihara, dan dioperasikan oleh satu atau lebih organisasi dari komunitas tersebut, pihak ketiga, ataupun kombinasi dari keduanya. Keuntungan dari *Community Cloud* adalah bisa bekerja sama dengan organisasi lain dalam komunitas yang mempunyai kepentingan yang sama. Sedangkan kerugiannya adalah ketergantungan antarorganisasi jika tiap-tiap organisasi tersebut saling berbagi sumber daya (Budiyanto, 2012).



Gambar 3. Model Visual Definisi Cloud Computing

Sumber: <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-computing-v26.ppt>

Keuntungan *Cloud Computing*

Beberapa keuntungan mengadopsi teknologi *cloud computing* menurut Avram adalah sebagai berikut (Avram, 2014):

- a. Lebih efisien karena menggunakan anggaran yang rendah untuk penggunaan sumber daya. *Cloud Computing* memberikan peluang bagi organisasi yang tertinggal dan sulit untuk menerapkan sumber daya TI yang besar.
- b. Membuat lebih *agility*, dengan mudah dapat berorientasi pada profit dan perkembangan yang cepat. Fleksibilitas infrastruktur memberikan keleluasaan untuk mengatur (menambah/mengurangi) kapabilitas komputasi secara *on the fly*.
- c. *Cloud computing* dapat meningkatkan inovasi pada TI dengan lebih cepat, pengembang bisa lebih fokus pada pengembangan aplikasi tanpa harus memikirkan lebih pada infrastruktur.
- d. Membuat operasional dan manajemen lebih mudah, dimungkinkan karena sistem pribadi atau perusahaan yang terkoneksi dalam satu *cloud* dapat dimonitor dan diatur dengan mudah.
- e. *Cloud computing* memberikan kemungkinan kelas baru dalam aplikasi dan *delivers services* yang sebelumnya tidak dapat dilakukan. Misalkan aplikasi *mobile interactive* yang dapat merespon informasi yang disediakan oleh manusia, sensor, atau penyedia informasi global (*world wide weather data*).

Data Center

Data center menjadi salah satu komponen penting dalam lingkungan bisnis yang ada saat ini. Sebagai inti dari layanan bisnis, *data center* diharapkan mampu memberikan pelayanan seoptimal mungkin, sekalipun dalam keadaan terjadinya suatu bencana sehingga bisnis dalam perusahaan tersebut tetap bertahan dan keuntungan bagi perusahaan akan terus mengalir (Yulianti & Nanda, 2008). Berangkat dari peran *data center* yang begitu signifikan terutama dalam mendukung kegiatan penelitian di LIPI yang sangat heterogen, dan masalah *Disaster Recovery Planning*, karena pengalaman kebakaran yang pernah dialami LIPI maka urgensi kajian ini sangat dibutuhkan. *Data Center* merupakan fasilitas yang digunakan untuk penempatan beberapa kumpulan *server* atau sistem komputer dan sistem penyimpanan data (*storage*) yang dikondisikan dengan pengaturan catudaya, pengatur udara, pencegah bahaya kebakaran dan biasanya dilengkapi pula dengan sistem pengamanan fisik (TIA, 2005). Servis utama yang secara umum diberikan oleh *data center* adalah sebagai berikut:

- a. *Business Continence Infrastructure* (Infrastruktur yang Menjamin Kelangsungan Bisnis), merupakan aspek-aspek yang menjamin kelangsungan bisnis ketika terjadi kondisi kritis yang dialami *data center*, meliputi kriteria pemilihan lokasi *data center*,

kuantifikasi ruang *data center*, *laying-out* ruangan dan instalasi *data center*, sistem elektrik yang dibutuhkan, pengaturan infrastruktur jaringan yang *scalable*, pengaturan sistem pendingan dan *fire suppression*.

- b. *DC Security Infrastructure* (Infrastruktur Keamanan *Data Center*), sistem pengamanan terdiri atas keamanan secara fisik dan non-fisik pada *data center*. Pengamanan fisik antara lain: akses pengguna ke area *data center* berupa kunci akses memasuki ruangan (dapat berupa kartu akses atau biometrik), petugas keamanan yang mengawasi keadaan *data center* (baik di dalam maupun di luar), pengamanan fisik juga dapat diterapkan pada seperangkat infrastruktur dengan melakukan penguncian dengan kunci gembok tertentu. Pengamanan non fisik dilakukan terhadap bagian *software* atau sistem yang berjalan pada perangkat tersebut, antara lain dengan memasang beberapa perangkat lunak keamanan seperti *access control list*, *firewalls*, *IDSs* dan *host IDSs*, fitur-fitur keamanan pada *Layer 2 (datalink layer)* dan *Layer 3 (network layer)* disertai dengan manajemen keamanan.
- c. *Application Optimization* (Optimasi Aplikasi), berkaitan dengan *layer 4 (transport layer)* dan *layer 5 (session layer)* untuk meningkatkan waktu respon suatu *server*. *Layer 4* adalah *layer end-to-end* yang paling bawah antara aplikasi sumber dan tujuan, menyediakan *end-to-end flow control*, *end-to-end error detection & correction*, dan mungkin juga menyediakan *congestion control* tambahan. Sedangkan *layer 5* menyediakan 11 riteri dialog (siapa yang memiliki giliran berbicara/mengirim data), *token management* (siapa yang memiliki akses ke *resource* bersama) serta sinkronisasi data (status terakhir sebelum link putus). Berbagai isu yang terkait dengan hal ini adalah *load balancing*, *caching*, dan terminasi *SSL*, yang bertujuan untuk mengoptimalkan jalannya suatu aplikasi dalam suatu sistem.
- d. Infrastruktur IP menjadi servis utama pada *data center*. Servis ini disediakan pada *layer 2* dan *layer 3*. Isu yang harus diperhatikan terkait dengan *layer 2* adalah hubungan antara *server farms* dan perangkat layanan, memungkinkan akses media, mendukung sentralisasi yang *reliable*, *loop-free*, *predictable*, dan *scalable*. Sedangkan pada *layer 3*, isu yang terkait adalah memungkinkan *fastconvergence routed network* (seperti dukungan terhadap *default gateway*). Kemudian juga tersedia layanan tambahan yang disebut *Intelligent Network Services*, meliputi fitur-fitur yang memungkinkan *application services network-wide*, fitur yang paling umum adalah mengenai *QoS (Quality of Services)*, *multicast* (memungkinkan kemampuan untuk menangani banyak *user* secara konkuren), *private LANS* dan *policy-based routing*.

- e. Media Penyimpanan, terkait dengan segala infrastruktur penyimpanan (*storage*). Isu yang diangkat antara lain adalah arsitektur SAN, *fibre channel switching*, replikasi, *backup* serta *data archival*.

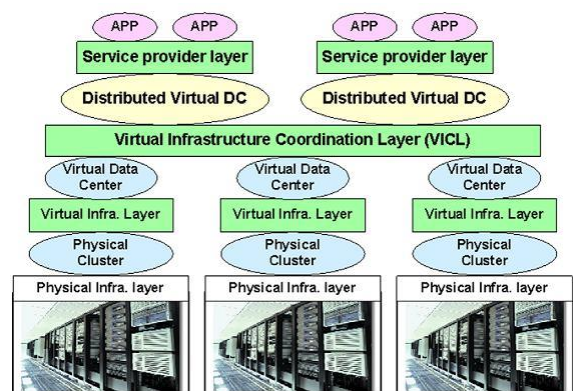
Beberapa permasalahan terkait manajemen data center telah dikemukakan oleh (Kant, 2009), lima hal tersebut adalah:

- Rack-level physical organization, data center*
biasanya terdiri dari beberapa baris "rak" dimana setiap rak berisi aset modular (*server, switch, storage*). Modular aset lebih dikenal dengan "*blade*", sehingga memungkinkan dalam 1 rak berisi 6 *chassis*, 1 *chassis* dapat menampung 16 *server* ukuran 1U, total *server* yang dapat ditampung adalah 96. Hal ini memicu isu konsumsi energi yang digunakan, maupun isu panas yang dihasilkan oleh setiap rak, sehingga tidak memungkinkan untuk mengoptimalkan setiap rak sesuai dengan kapasitasnya.
- Storage and networking infrastructure*, beberapa cara metode penyimpanan pada *data center* antara lain: "*storage towers*" yang secara transparan dapat diakses secara "*remote*" dan untuk keperluan kinerja yang tinggi; "*storage bricks*" untuk skala yang lebih kecil dapat secara langsung diintegrasikan pada *chassis*. Masalah yang krusial pada penyimpanan adalah jaringan yang menghubungkannya, baik menggunakan topologi *client-server*, maupun *server-to-server*. Masalah penyimpanan yang disediakan secara terpisah harus menjadi perhatian seiring dengan perkembangan *data center* yang semakin hari akan mengalami pertumbuhan yang signifikan.
- Management infrastructure*, setiap *server* mempunyai *management controller* sendiri-sendiri, yang berfungsi untuk melakukan monitor terhadap bermacam-macam sensor, menyediakan kemampuan "*remote management*", menghidupkan/mematikan *server*, dan lain-lain. Pada sebuah *server* hal yang krusial adalah monitor terhadap kondisi *server* itu sendiri ketika sedang beroperasi/menjalankan sistem operasi.
- Electrical and cooling infrastructure, data center*
mengonsumsi daya listrik yang cukup besar sampai dengan *megawatt* atau bahkan lebih. Banyak rute yang dilalui daya listrik sampai dengan oleh *motherboard* sebuah *server*, hal ini menyebabkan efisiensi daya yang secara akumulatif hanya 50% bahkan kurang, memperbaiki efisiensi daya merupakan tantangan tersendiri dalam *data center*. Secara tradisional faktor pendinginan ruangan *data center* adalah mengalirnya udara panas ke arah *chiller*, kemudian udara dingin disalurkan melalui bawah lantai (*raised floor*). Cara seperti ini masih memungkinkan adanya percampuran antara udara dingin dan panas yang akan disirkulasi oleh *chiller*.

- e. *Major data center issues*, teknik virtualisasi *data center* selain merupakan solusi dalam mengatasi *data center* (daya, optimasi kapasitas, panas yang dihasilkan, manajemen infrastruktur), masih terdapat kerentanan yang harus dihadapi yaitu masalah keamanan.

Peran *data center* yang sangat penting, tantangan, dan munculnya pendekatan *cloud computing* yang merupakan salah satu perkembangan *data center* sendiri, hal ini mempengaruhi perkembangan *data center* dalam beberapa fase (Bakshi, 2011), fase ini berawal dari teknologi virtualisasi sampai dengan perkembangan *cloud computing*: (a) Fase pertama, merupakan dasar pengembangan *data center* untuk lebih meningkatkan utilisasi dengan standarisasi cara konsolidasi dan agregasi aset pada sebuah *data center*; (b) Fase kedua, tahapan abstraksi atas aset-aset yang ada pada *data center*, pada tahap inilah teknologi virtualisasi terhadap sumber daya yang telah terkumpul; (c) Fase ketiga, otomatisasi untuk meningkatkan kemudahan manajemen *data center*, dengan adanya virtualisasi yang dapat melakukan penyediaan layanan yang semakin cepat; (d) Fase keempat, merupakan implementasi dari fase sebelumnya pada dunia nyata *cloud computing* bisa digunakan oleh perusahaan-perusahaan karena penyedia layanan juga telah membangun baik *private* maupun *public cloud*; (e) Fase kelima merupakan fase *intercloud* sebagaimana ledakan internet pada era 1990-an, interkoneksi akan berjalan dalam *cloud* secara transparan, aman, dan mulus tetapi tetap tergantung pada kapasitas, kemampuan/ daya, dan kedekatan sehingga akan memicu inovasi.

Evolusi *data center* yang semula dimiliki dan dikelola hanya oleh entitas tunggal (komersial-non komersial), menjadi "*out-sourced*" dimana sebuah perusahaan besar mengelola *data center* dengan meskipun skala besar tanpa memiliki infrastruktur fisik (Kant, 2009). Model konseptual *virtual data center* (Gambar 4), yang terdiri dari *Physical Infrastructure Layer* (PIL), *Virtual Infrastructure Layer* (VIL), *Virtual Infrastructure Coordination Layer* (VICL), dan *Service Provider Layer* (SPL).



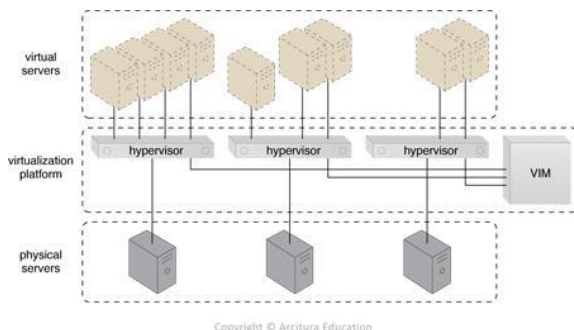
Gambar 4. Model Konseptual *Virtual Data Center* (Kant, 2009)

Teknologi Virtualisasi

Virtualisasi merupakan fundamental dari teknologi *cloud* (Gilani, Salam, & Haq, 2014), dengan adanya virtualisasi dalam satu fisik *data center* bisa diciptakan, digunakan, dan dihapus ribuan *virtual server*. Secara umum virtualisasi adalah proses konversi sumber daya Teknologi Informasi secara fisik menjadi sumber daya virtual (Erl et al., 2014), beberapa sumber daya yang divirtualisasi antara lain: *server, storage, network*, dan *power*. *Virtual server* biasa disebut juga dengan *Virtual Machine*. Beberapa keuntungan virtualisasi:

- Hardware independence*, dalam TI yang belum divirtualisasi dependensi dari *hardware-software* yang telah dikonfigurasi secara spesifik akan mengalami kesulitan untuk dilakukan modifikasi. Virtualisasi menghilangkan dependensi tersebut, sebagai contoh *virtual server/ virtual machine* lebih mudah untuk dipindahkan kepada *host* lain tanpa harus memikirkan lagi kompatibilitas *hardware-software*, demikian juga dalam hal melakukan duplikasi akan lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan menduplikasi *hardware* secara fisik.
- Server consolidation*, seperti yang telah disampaikan bahwa dalam satu fisik *data center* dapat diciptakan beberapa *virtual server* yang berjalan secara simultan. Tujuannya adalah untuk meningkatkan utilisasi infrastruktur dan mengoptimalkan sumber daya yang ada.
- Resource replication*, virtualisasi *server* dilihat dari sudut pandang *host server* sebagai sebuah *file disk image* yang bisa dilakukan operasi seperti *copy, paste*, dan *move*. Hal ini memungkinkan *file* tersebut dapat digunakan untuk replikasi, migrasi, maupun *backup* dari sebuah *virtual server*.

Mekanisme yang untuk menghasilkan virtualisasi adalah dengan adanya *hypervisor*, definisi *hypervisor* meliputi *software, firmware*, maupun *hardware* yang digunakan untuk mengelola siklus suatu *virtual server* (Erl et al., 2014; Gilani et al., 2014). Sebuah *hypervisor* terbatas hanya pada satu *host/ server* fisik (Gambar 5), sehingga dibutuhkan sebuah *Virtual Infrastructure Manager* (VIM) untuk mengelola beberapa *hypervisor*.

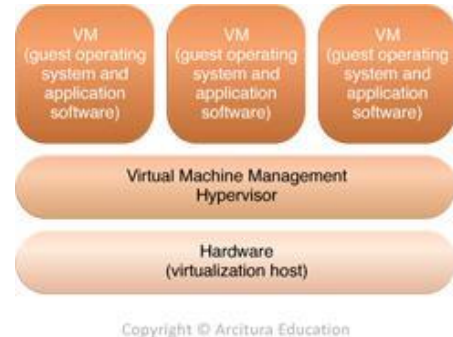


Gambar 5. Virtual Server pada spesifik Hypervisor (Erl et al., 2014)

Terdapat dua tipe *hypervisor* yaitu tipe 1: *hardware-based/native/bare metal hypervisor*, dan tipe 2: *hosted/ operating system-based hypervisor*.

Hypervisor tipe 1

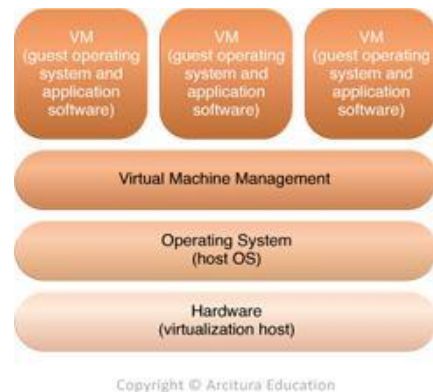
Virtualisasi yang berjalan secara langsung pada fisik *host hardware* (Gambar 6), *hypervisor* tipe 1 ini melakukan kontrol terhadap sistem operasi yang berjalan di atasnya. Beberapa contoh antara lain: Oracle VM Server, Citrix Xen Server, dan Microsoft Hyper-V.



Gambar 6. Hypervisor tipe 1 (Erl et al., 2014)

Hypervisor tipe 2

Hypervisor yang berjalan di atas sistem operasi sebuah hardware (*host*), tipe 2 merupakan *software* pada *layer* kedua setelah sistem operasi (Gambar 7). *Virtual Server* dijalankan pada *layer* ketiga dari *hardware*. Contoh tipe 2 antara lain: VMWare Workstation dan Oracle VM VirtualBox.



Gambar 7. Hypervisor tipe 1 (Erl et al., 2014)

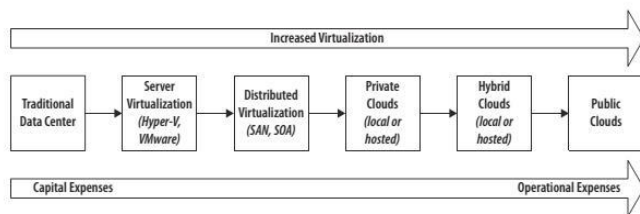
Virtualisasi Data Center

Evolusi dari *data center* yang beroperasi secara tradisional menjadi *data center* secara virtual, kemudian beralih kepada *private host* yang ada pada *cloud* juga dikemukakan oleh (Hausman et al., 2013) (Gambar 8). Langkah-langkah utama perubahan data center secara fisik (tradisional) menjadi virtual / *cloud based*:

- Server Virtualization*, teknologi virtualisasi memungkinkan penggabungan kuantitas sumber daya *server* fisik menjadi lebih sedikit, tetapi mempunyai komponen *hardware* yang lebih handal dan penggunaan sumber daya secara bersama-sama melalui *hypervisor*, sehingga prosentase sumber daya yang tidak terpakai dapat diminimalkan. Kapabilitas virtualisasi *data center* memungkinkan peningkatan efisiensi terhadap *disaster recovery*

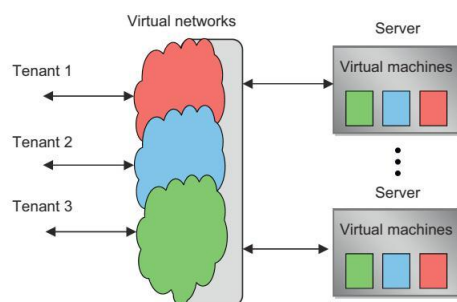
dan *business continuity* karena dengan virtualisasi suatu layanan dapat dipindahkan menuju *host server* lain secara *smooth*.

- b. *Distributed Virtualization*, virtualisasi terdistribusi mengotomasi perpindahan layanan, hal ini merupakan keuntungan bagi pengguna karena fleksibilitas yang tinggi. Beberapa teknologi yang dapat meningkatkan fleksibilitas yaitu: virtualisasi media penyimpanan menggunakan infrastruktur *Storage Area Network* (SAN); interoperasi dari komponen-komponen aplikasi terintegrasi melalui *Service-oriented Architecture* (SOA); *Automatic load-management* yang memungkinkan perpindahan *server* yang telah dijadikan virtual.



Gambar 8. Perubahan Data Center Tradisional Menjadi Data Center Infrastruktur pada Cloud (Hausman et al., 2013)

Banyak perusahaan yang telah berpindah menjadi *virtualized data center* berbasis *cloud* telah disampaikan (Lee, 2014), pengembangan terkait beberapa *virtual data center* pada fisik *data center* yang sama. Solusi yang ditawarkan adalah *virtual private data center* yang masing-masing terpisahkan antara satu dengan lainnya. Ilustrasi (Gambar 9) menunjukkan beberapa *virtual machine* (*virtual server*) yang berbeda berada pada fisik yang sama.



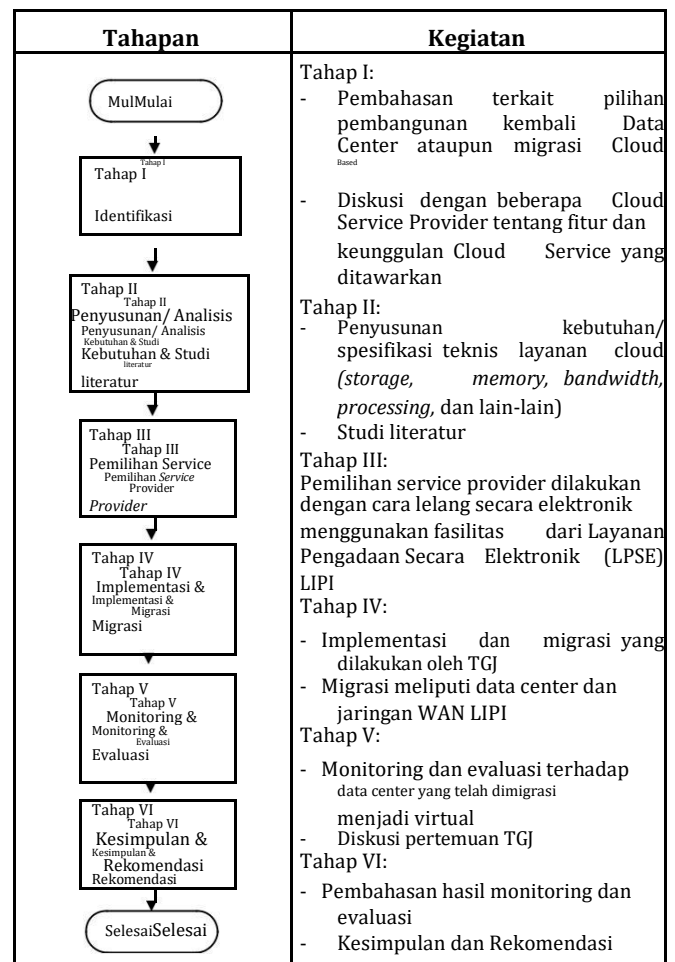
Gambar 9. Virtual Machine (Virtual Server) pada Host yang sama (Lee, 2014)

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap dan secara khusus mengkaji kesiapan dan kemungkinan adopsi teknologi *cloud computing*. Penelitian ini dilakukan pada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) khususnya Biro Umum yang bertanggung jawab sebagai pengelola

TIK, serta melibatkan TGJ LIPI yang bertanggung jawab secara operasional atas pengelolaan TIK di LIPI.

Gambar 10 memperlihatkan tahapan dan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini.

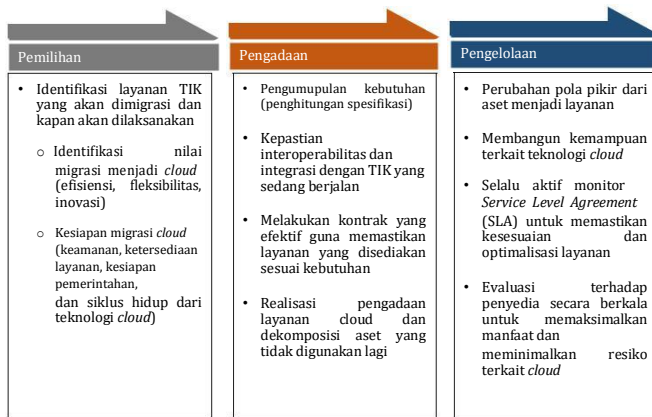


Gambar 10. Tahapan Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kerangka Kerja Migrasi Cloud Computing

Transformasi TIK tradisional pada pemerintahan menjadi TIK berbasis *cloud* membutuhkan perubahan paradigma dari TIK yang merupakan investasi menjadi TIK yang didefinisikan sebagai sebuah layanan (Kundra, 2011). Langkah strategis untuk mengawal transformasi menuju TIK berbasis *cloud* membutuhkan kerangka kerja yang matang. Gambar 11 menunjukkan kerangka kerja migrasi menuju TIK berbasis *cloud* yang disediakan oleh Pemerintah Federal USA.



**Gambar 11. Kerangka Kerja Migrasi Cloud
(Kundra, 2011)**

a. Pemilihan layanan untuk migrasi menjadi *cloud*

Pemilihan dapat diprioritaskan terhadap layanan yang diharapkan mempunyai tingkat kesiapan yang tinggi untuk dilakukan migrasi sehingga manfaat yang dapat diperoleh dari *cloud* bisa maksimal. Identifikasi terhadap bisnis proses sehingga dapat mengoptimalkan efisiensi, fleksibilitas, dan inovasi. Efisiensi dapat diperoleh dari berbagai bentuk, misal: peningkatan utilitas terhadap sumber daya komputasi melalui virtualisasi. Efisiensi juga dapat dikaitkan dengan biaya, yaitu perubahan dari investasi pada *hardware* dan infrastruktur (*CapEx*) menjadi bayar-sesuai-penggunaan (*OpEx*) tergantung dari model layanan yang digunakan pada *cloud*. Fleksibilitas penyediaan sumber daya layanan (misal: pemrosesan, penyimpanan, memori, jaringan) dapat dilakukan secara cepat. Sementara layanan eksisting (tradisional) memerlukan waktu yang dapat terbilang lama jika dibandingkan dengan kecepatan penyediaan sumber daya yang ada pada *cloud*. Nilai inovasi didapatkan dari perbandingan layanan eksisting dengan yang ditawarkan oleh *cloud*.

Kesiapan migrasi menjadi *cloud* meliputi beberapa hal penting: keamanan, ketersediaan layanan, kesiapan pemerintahan, dan siklus hidup dari *cloud* sendiri. Keamanan selalu dikaitkan dengan otorisasi akses untuk operasional layanan *cloud*, privasi dan kerahasiaan data, integritas data yang ada pada *cloud*, dan tata kelola untuk memastikan kontrol terhadap keamanan yang benar-benar memadai. Karakteristik dan ketersediaan layanan yang disediakan oleh penyedia menjadikan evaluasi terhadap tingkat kematangan penyedia terhadap layanan yang akan diberikan. Kesiapan pemerintahan lebih tertuju pada kesiapan perubahan paradigma dari investasi menjadi layanan, secara pragmatis sudah siap untuk migrasi menjadi *cloud*, paham dan dapat bernegosiasi terhadap SLA yang ditawarkan penyedia layanan, serta dukungan teknis berupa manajemen perubahan menjadi *cloud*.

b. Pengadaan layanan *cloud*

Efektifitas pengadaan layanan tidak bisa serta merta melaksanakan kontrak terhadap aset tertentu.

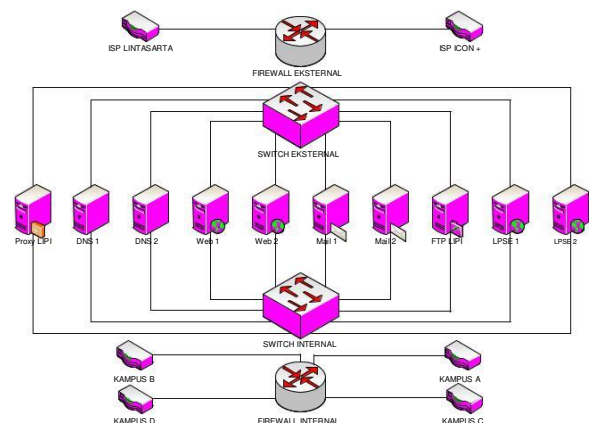
Spesifikasi teknis yang terukur harus dilaksanakan terkait kebutuhan *server*, *bandwidth* jaringan, kebutuhan *memory*, dan penyimpanan. Penghitungan kebutuhan ini akan menjadi dasar pemilihan penyedia yang paling sesuai dan diharapkan mampu memenuhi sesuai spesifikasi yang dipersyaratkan. Integrasi dan interoperabilitas terhadap layanan TIK eksisting merupakan hal yang harus diperhatikan, sehingga proses bisnis dapat berjalan seperti biasa dan tidak banyak perubahan. Efektifitas kontrak dengan penyedia layanan yang harus diperhatikan adalah SLA terkait keamanan, keberlangsungan operasional, kualitas layanan, dan prosedur eskalasi.

c. Pengelolaan layanan *cloud*

Pengelolaan layanan pada *cloud* jauh berbeda dengan pengelolaan TIK secara tradisional, dibutuhkan perubahan pola pikir dari basis-aset menjadi basis-layanan. Monitor terhadap SLA yang telah disepakati baik apabila terjadi gangguan, serangan, penggunaan sumber daya, dapat dilakukan secara transparan oleh pengguna, sehingga mempermudah pelaporan. Evaluasi terhadap layanan dan penyedia layanan harus dilakukan secara periodik, karena hal ini juga terkait dengan tagihan atas layanan yang digunakan sehingga manfaat yang diperoleh dapat optimal.

Implementasi Virtual Private Data Center

Sesuai dengan kerangka kerja migrasi *cloud* yang telah disampaikan sebelumnya, identifikasi kebutuhan telah dilakukan terkait layanan *cloud* (Tabel 1). Hasil identifikasi layanan yang akan dimigrasi menjadi *cloud computing* adalah layanan eksisting (Gambar 12), yaitu semua *server* pada *data center* eksisting akan dimigrasi menjadi virtual *server*. Proses pengadaan layanan virtual *private data center* LIPI secara konfigurasi memindahkan semua layanan eksisting menjadi virtual, termasuk interkoneksi jaringan WAN LIPI, sehingga efektifitas pengadaan yang sekaligus menghemat waktu dan biaya daripada pengadaan/ pembangunan *data center* fisik yang baru.



Gambar 12. Kondisi Eksisting Data Center

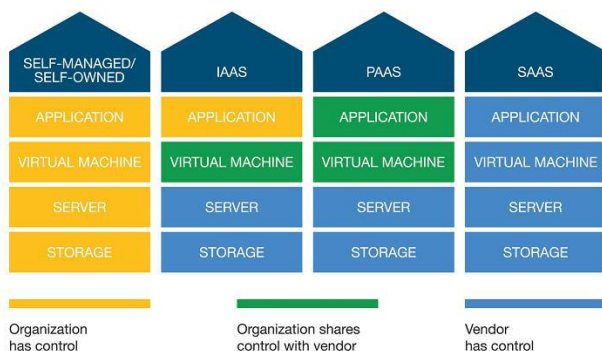
Tabel 1.
Spesifikasi Teknis Lingkungan *Data Center* dan Sumber daya Komputasi yang diperlukan

No	Uraian	Spesifikasi
a	Standar Data Center	1) Memiliki fasilitas berupa data centre mandiri (milik sendiri dan bukan sewa); 2) Standar tingkat data center minimal tier 3 (sertifikat level tier dari uptime institute); 3) Memiliki sertifikat manajemen mutu ISO 9001:2008 untuk lingkup layanan data center yang dikeluarkan instansi yang berwenang dan masih berlaku.
b	Volume Minimum Layanan	CPU 48 Core Mememory 664 vRAM Storage 17 TB vHDD IP Publik 1) Menggunakan IP Publik dan ASN LIPI 2) Penyedia Jasa/ISP harus mengadvertise IP Publik dan AS Number LIPI ke minimal 2 upstream ISP yang berbeda.
c	Resource Networking	1) Memiliki kemampuan distributed switch (vDS) pada software virtualisasi. 2) Support for VLANs, VLAN tagging with distributed switch 3) Supports IPv6 for all major traffic types 4) Transfer rate data antar VM minimal 1 Gb 5) Memiliki fitur traffic monitoring
d	Resource CPU	1) Cloud Speed Processor minimal 2,5 (GHz) per 1 vCPU; 2) Menggunakan technology terbaru yaitu Haswell Processor; 3) memiliki kemampuan untuk setiap konfigurasi VM minimal 6 vCPU per VM;
e	Resource Memory (vRAM)	1) Support DDR3 RAM dan DDR4 RAM 2) Memiliki kemampuan untuk setiap konfigurasi VM dengan kapasitas minimal 128 GB per VM;
f	Resource Storage (vHDD)	1) memiliki kemampuan untuk menggunakan external storage kemampuan tinggi; 2) Tipe vHDD adalah SAS
g	Resource Pooling	Penyedia Jasa wajib memiliki fitur Resource Pooling, Penggabungan resource (storage, memory, bandwidth, processing, dan lain-lain).

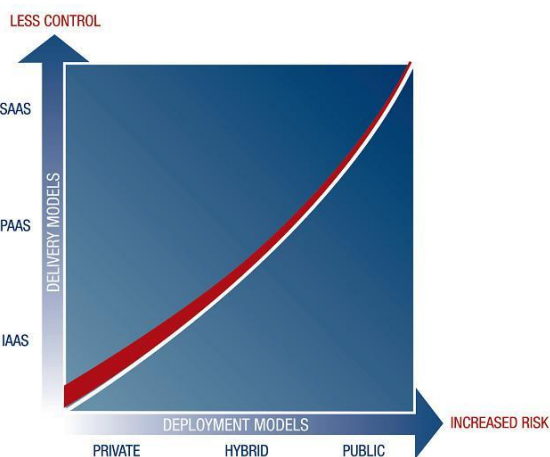
h	Migrasi Data dari Data Center LIPI ke Layanan Virtual Private Data Center Penyedia Jasa	1) Penyedia harus menyiapkan koneksi backbone metronet ke Data Center LIPI Jakarta dengan menggunakan media fiber optic minimal sebesar 200 Mb, untuk keperluan migrasi data dari Data Center LIPI Jakarta ke Layanan Virtual Private Data Center Penyedia Jasa; 2) Media yang digunakan adalah fiber optic maka perusahaan yang ditunjuk WAJIB membangun jaringan fiber optic tersebut harus memiliki surat izin yang dikeluarkan oleh instansi yang berwenang untuk menyelenggarakan jaringan tertutup.
i	Backup Cloud LIPI	1) Penyedia Jasa harus menyediakan kapasitas backup layanan cloud sesuai spesifikasi minimum yang disyaratkan 2) Penyedia jasa harus melakukan full backup layanan cloud LIPI secara periodik minimal setiap 1 (satu) minggu sekali. 3) Penyedia harus menyimpan file backup minimal dalam waktu 2 minggu.
j	Software Virtualisasi	Software virtualisasi yang digunakan masuk ke Leader Quadrant dari 2014 Gartner Magic Quadrant untuk x86 Server Virtualization Infrastructure
k	Hardware Virtualisasi	1) Memiliki bukti Partnership dengan Principal Hardware terkait dengan solusi untuk Private Cloud Computing 2) Menggunakan validated design untuk server, storage, dan network
l	Secure Multi Tenant	Penyedia Jasa wajib memiliki fitur Secure Multi Tenant, guna menjamin keamanan data LIPI.
m	Resource Pooling	Penyedia Jasa wajib memiliki fitur Resource Pooling, Penggabungan resource (storage, memory, bandwidth, processing, dan lain-lain).
n	Central Management Cloud	Penyedia Jasa wajib memberikan <i>console management sistem cloud</i> disisi client berbasis web guna melakukan kontrol, konfigurasi dan monitoring keseluruhan sistem layanan cloud.

Model layanan yang dipilih adalah *Infrastructure as a Service* (IaaS), karena secara fundamental IaaS merupakan layanan *virtual machine images* yang secara fleksibel dapat dikelola oleh pengguna (Viega, 2009) hal ini secara teknis menggantikan fisik server, sumber daya data center, peralatan jaringan, dan komponen fisik lainnya (Erl et al., 2014). Kelebihan lain model IaaS

adalah pengguna layanan dapat dengan mudah mengubah (menambah atau mengurangi) jumlah maupun kapasitas *virtual machine* sesuai dengan kebutuhan (Erl et al., 2014; Mell & Grance, 2011; Viega, 2009). Level kontrol model IaaS lebih tinggi dibandingkan dengan model layanan yang lain (Gambar 13). Model SaaS mempunyai level kontrol terhadap penggunaan dan konfigurasi terkait penggunaan, serta metode akses hanya melalui *front-end user interface*. Model PaaS memiliki level kontrol administratif tapi sangat terbatas, platform yang terkait dengan pengguna dapat dilakukan kontrol secara berbagi dengan penyedia (Erl et al., 2014). Sehingga penggabungan antara model implementasi *private cloud* dan model layanan IaaS akan meningkatkan level kontrol terhadap layanan dan meminimalkan tingkat resiko (Gambar 14).



Gambar 13. Perbandingan Level Kontrol Model Layanan Cloud (Chan, Leung, & Pili, 2012)



Gambar 14. Perbandingan Level Kontrol dan Tingkat Resiko Terhadap Model Implementasi dan Model Layanan Cloud (Chan et al., 2012)

Selanjutnya sesuai Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 4 tahun 2015 yang merupakan perubahan keempat atas Perpres Nomor 54 Tahun 2010 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah, pengadaan Jasa Koneksi Internet dan *Cloud Server* dalam pemilihan calon penyedia layanan *cloud* dilakukan dengan cara lelang secara elektronik melalui LPSE LIPI. Ringkasan hasil lelang dapat dilihat pada tabel 2. Terdapat 3 calon penyedia yang memasukkan penawaran dan berdasarkan hasil evaluasi oleh panitia

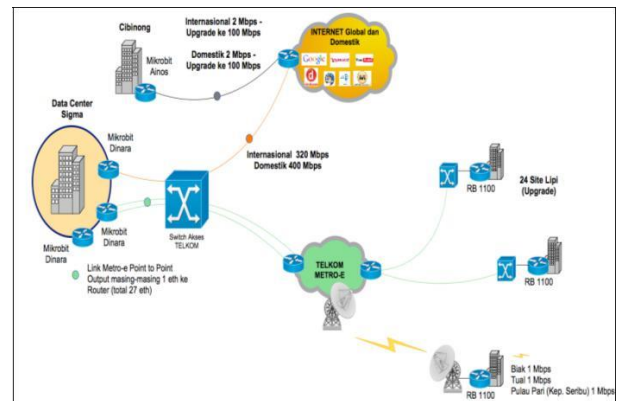
lelang, penyedia dengan nilai teknis tertinggi adalah PT. Telekomunikasi Indonesia, sehingga sesuai Perpres PT. Telekomunikasi Indonesia ditunjuk sebagai penyedia pengadaan jasa koneksi internet dan *cloud server* LIPI tahun 2015 dengan nilai kontrak sebesar Rp. 4.813.429.632,-. Jangka waktu pelaksanaan efektif harus berjalan mulai 1 Maret 2015 dengan 29 lokasi pekerjaan yang tersebar.

**Tabel 2.
Daftar Peserta Lelang (yang memasukkan penawaran)**

Sumber: LPSE LIPI

No	Peserta	Harga Penawaran (Rp.)	Skor (Nilai Evaluasi)	Keterangan
1	PT. Telekomunikasi Indonesia	4.813.429.632	92,07	Pemenang
2	PT. Indonesia Comnets Plus	4.475.380.800	80,29	-
3	Aplikanusa Lintasarta	4.666.141.000	77,03	-

Topologi jaringan secara umum hasil migrasi *data center* yang sebelumnya berada di Jakarta (kantor pusat LIPI Jl. Gatot Suroto) telah dimigrasi ke *cloud data center* PT. Telekomunikasi Indonesia (Telkomsigma sebagai anak perusahaan yang bergerak dalam bidang layanan *data center*) di Sentul, dan *Disaster Recovery* internal di Cibinong, serta interkoneksi jaringan WAN untuk satuan kerja baik menggunakan *Metro Ethernet* maupun VPN IP ditunjukkan pada (Gambar 15).



Gambar 15. Konfigurasi Teknis Jaringan dan Data Center LIPI

Sumber: Telkomsigma

Detail layanan *data center* sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah diajukan, dapat direalisasikan sesuai keterangan pada tabel 3. Spesifikasi yang ditampilkan adalah spesifikasi minimum, semua yang telah dipersyaratkan pada spesifikasi teknis sudah terpenuhi. Misal *data center* Telkomsigma (lokasi Sentul) sudah tersertifikasi *Uptime Institute Tier 3 Design*, sertifikasi *Occupational Health and Safety Management Systems* (OHSAS 18001), sertifikasi ISO 27001:2005 *certification*

Tabel 3.

Sumber: Telkomsigma

No	Layanan	Kapasitas	Satuan
1	CPU = 48 vCPU (@ 2,5 GB)	120	GB
2	Memory = 696 vRAM (GB)	696	GB
3	Storage = 17 TB vHDD	17,408	GB

Tabel 4.

Sumber: Telkomsigma

No	Perangkat	Type	Merk
1	Router Dinara	Router	Mikrotik
2	Switch TLSG2452	Switch	TP-LINK
3	Server DNS Slave	Server PC	Server PC
4	ESXi PRIMERGY RX2540 M1	Server	Fujitsu
5	ESXi PRIMERGY RX300 S8	Server	Fujitsu
6	Server ROR	Server	Fujitsu
7	HDD Eternus Controller	Hardisk	Fujitsu
8	Storage Backup	Hardisk	Fujitsu

[illegible]

Sumber: Biro Umum LIPI

Sumber: LPSE LIPI

N o	Penyedia	Paket	Tahun	HPS (Rp.)	Realisasi (Rp.)
1	Aplikanusa Lintasarta	Pengadaan Jasa Koneksi Internet Primer	2012	649.720.500	581.728.528
2	PT. Indonesia Comnets Plus	Pengadaan Jasa Koneksi Internet Sekunder, Sewa Jaringan, Data Point to Point, dan VPN Site LIPI Tahun 2012	2012	3.349.038.000	3.309.240.000
3	PT. Ultima Solusi Mandiri	Pengadaan Peralatan Network Operations Center LIPI	2012	1.978.871.000	1.561.395.550
4	Aplikanusa Lintasarta	Pengadaan Jasa Koneksi Internet Primer	2013	289.054.000	245.695.903
5	PT. Indonesia Comnets Plus	Pengadaan Jasa Koneksi Internet Sekunder, Sewa Jaringan, Data Point to Point, dan VPN Site LIPI Tahun 2013	2013	2.533.659.000	2.519.000.000
6	PT. Forpo Cipta Kreasindo	Pengadaan Alat Pendukung Data Center Bioinformatika - LIPI	2013	675.000.000	673.900.000
7	PT. Telekomunikasi Indonesia	Pengadaan Jasa Koneksi Internet Sekunder, Sewa Jaringan, Data Point to Point, dan VPN Site LIPI Tahun 2014	2014	3.125.475.000	3.050.089.574
8	PT. Telekomunikasi Indonesia	Pengadaan Koneksi Internet dan Layanan Cloud Server	2015	5.060.000.000	4.813.429.632

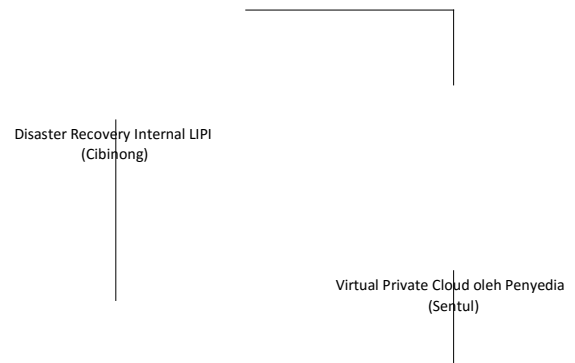
Seperti yang telah disampaikan sebelumnya bahwa efisiensi biaya dari belanja investasi (*CapEx*) menjadi belanja operasional (*OpEx*) melalui penerapan teknologi *cloud* benar-benar dapat dicapai, tabel 5 merupakan perbandingan data pengadaan terkait TIK di LIPI dari tahun 2012 sampai dengan 2015. Beberapa hal yang menarik adalah dengan semakin berkembangnya teknologi dan operator jaringan yang bertambah banyak, maka harga *bandwidth* semakin kompetitif sehingga setiap tahun perlu dilakukan lelang untuk pengadaan jasa koneksi internet. Terkait migrasi menjadi *cloud* dapat

dilihat pada tahun 2012 apabila ditotal pengadaan jasa koneksi internet dengan peralatan NOC untuk *data center* total Harga Perkiraan Sendiri (HPS) Rp. 5.977.629.500,- dengan realisasi senilai Rp. 5.452.364.078,-. Dibandingkan dengan pengadaan jasa koneksi internet dan *cloud server* tahun 2015 HPS Rp. 5.060.000.000,- dan realisasi senilai Rp. 4.813.429.632,-. Secara biaya dapat dikatakan efisiensi anggaran senilai Rp. 638.934.446,-. Sesuai yang telah disampaikan oleh Cloudcast bahwa baseline baru dalam mengukur sebuah layanan TIK adalah faktor biaya, kecepatan, dan fleksibilitas ("The Cloudcast - *Cloud Computing Economics* - Part1 - YouTube," n.d.). Ketiga faktor tersebut hanya dimiliki oleh *cloud computing* sesuai dengan karakteristiknya.

Tahap selanjutnya adalah pengelolaan layanan *cloud*, monitoring sesuai dengan SLA yang telah disepakati. Perubahan pola pikir dan cara kerja terutama pada Subbagian Pengelolaan dan Pemeliharaan Jaringan Teknologi Informasi serta pengelola utama TGJ LIPI dalam mengelola layanan berbasis *cloud* telah dilaksanakan guna menjamin operasional yang terus berjalan. Pembangunan keahlian baru berbasis *cloud* untuk melakukan monitor dan evaluasi secara periodik untuk keperluan pelaporan pada *stakeholder* LIPI.

PENUTUP

Cloud computing merupakan salah satu solusi yang meyakinkan untuk kebutuhan layanan TIK yang memiliki karakteristik *on-demand self service, broad network access, resource pooling, rapid elasticity*, dan *measured service*. Solusi ini telah nyata dan dirasakan manfaatnya oleh LIPI dalam menjalankan tugas dan fungsi, sekaligus hal ini merupakan salah satu inovasi yang mungkin bisa dijadikan acuan bagi instansi pemerintah yang lain untuk mewujudkan efisiensi dan efektifitas dalam pengelolaan TIK. Selain itu terdapat implementasi yang telah diterapkan di LIPI dan belum ada pada instansi pemerintah lain yang ada di Indonesia adalah integrasi layanan *virtual private data center* dengan jaringan interkoneksi (WAN) yang menghubungkan seluruh satuan kerja LIPI yang tersebar/ terpisah secara letak geografis. Tetapi teknologi ini merupakan hal baru bagi LIPI, dalam setiap penerapan teknologi baru setiap organisasi dihadapkan berbagai peluang dan risiko yang dapat mempengaruhi kinerja organisasi tersebut baik positif maupun negatif, terlebih *cloud computing* adalah salah satu skema dari *outsourcing* TIK sehingga manajemen risiko yang tepat harus segera dilaksanakan, meskipun dengan model layanan *private cloud* yang sudah meminimalkan risiko dan tingkat keamanan yang cukup tinggi. Pengembangan *hybrid cloud* dengan menggabungkan internal *Disaster Recovery Center* (DRC) LIPI yang ada di Cibinong juga merupakan hal yang mendesak untuk direalisasikan (Gambar 17).



Gambar 17. Konseptual Model Hybrid Cloud LIPI

Ucapan Terima Kasih

Bersama ini kami ucapkan terima kasih, kepada reviewer, Kepala LIPI, Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan SDM Kominfo, Mitra Bestari, redaksi dan semua pihak yang telah memperlancar dan membantu terselenggaranya kajian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardagna, D. (2015). Cloud and Multi-cloud Computing: Current Challenges and Future Applications. *2015 IEEE/ACM 7th International Workshop on Principles of Engineering Service-Oriented and Cloud Systems*, 1–2. <http://doi.org/10.1109/PESOS.2015.8>
- Avram, M. G. (2014). Advantages and Challenges of Adopting Cloud Computing from an Enterprise Perspective. *Procedia Technology*, 12, 529–534. <http://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.525>
- Bakshi, K. (2011). Considerations for cloud data centers: Framework, architecture and adoption. *2011 Aerospace Conference*, 1–7. <http://doi.org/10.1109/AERO.2011.5747554>
- Budiyanto, A. (2012). Pengantar Cloud Computing. Retrieved May 12, 2015, from <http://www.cloudindonesia.or.id/apa-itu-public-cloud-private-cloud-dan-hybrid-cloud.html>
- Chan, W., Leung, E., & Pili, H. (2012). Enterprise risk management for cloud computing. *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*, 4. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:COSO+Enterprise+Risk+Management+for+Cloud+Computing#0>
- Erl, T., Mahmood, Z., & Puttini, R. (2014). *Cloud Computing: Concept, Technology, and Architecture* (Fourth). Massachusetts: Prentice Hall.

- Gilani, Z., Salam, A., & Haq, S. U. (2014). *Deploying and Managing a Cloud Infrastrukture*. John Wiley & Sons. Canada: SYBEX. <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Hausman, K., Cook, S. L., & Sampaio, T. (2013). *Cloud Essential*. Canada: SYBEX. <http://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Kant, K. (2009). Data center evolution. *Computer Networks*, 53(17), 2939–2965. <http://doi.org/10.1016/j.comnet.2009.10.004>
- Kundra, V. (2011). *Federal Cloud Computing Strategy*. Washington: U.S. Chief Information Officer.
- Lee, G. (2014). *Cloud Networking: Developing Cloud-Based Data Center Networks*. Elsevier (Vol. 33). Morgan Kaufmann. <http://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Liang, J. (2012). Government cloud: Enhancing efficiency of E-government and providing better public services. *Proceedings - 2012 International Joint Conference on Service Sciences, Service Innovation in Emerging Economy: Cross-Disciplinary and Cross-Cultural Perspective, IJCSS 2012*, 261–265. <http://doi.org/10.1109/IJCSS.2012.20>
- LIPI. (2014). Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Tahun 2014.
- May-Ann, L., Trudel, B., Galligan, J., Lovelock, P., Rosengrave, D., & Haghbin, A. (2014). *Asia Cloud Computing Association's Cloud Readiness Index 2014*.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. *Nist Special Publication, 145, 7*. <http://doi.org/10.1136/emj.2010.096966>
- Mutavdzic, R. (2010). Cloud computing architectures for national, regional and local government. *MIPRO2010 Proceedings of the 33rd International Convention*, 1322–1327. Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5533680
- Nycz, M., & Polkowski, Z. (2015). Cloud Computing in Government Units. *2015 Fifth International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies*, 513–520. <http://doi.org/10.1109/ACCT.2015.42>
- Obi, T. (2014). *WASEDA – IAC 10th International E-Government Ranking 2014*. Tokyo.
- _____. (2015). *2015 WASEDA – IAC International E-Government ranking Survey*. Tokyo.
- Setneg. Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2003 (2003). Jakarta.
- Smitha, K. K., Thomas, T., & Chitharanjan, K. (2012). Cloud Based E-Governance System: A Survey. *Procedia Engineering*, 38, 3816–3823. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.437>
- The Cloudcast - Cloud Computing Economics - Part1 - YouTube. (n.d.). Retrieved October 16, 2015, from https://www.youtube.com/watch?v=-v2fjNCWq_o
- TIA. (2005). TIA Standard ANSI/TIA-942-2005 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Center, (April), 148.
- Viega, J. (2009). Cloud computing and the common man. *Computer*, 42(8), 106–108. <http://doi.org/10.1109/MC.2009.252>
- Yulianti, D. E., & Nanda, H. B. (2008). *Best Practice Perancangan Fasilitas Data Center*.
- Zhang, W., & Chen, Q. (2010). From E-government to C-government via Cloud Computing. *2010 International Conference on E-Business and E-Government*, 679–682. <http://doi.org/10.1109/ICEE.2010.177>

